

معضلة التوأم The twin paradox

نستطيع الان فهم النظرية الفيزيائية المشهورة التي تدعى معضلة التوأم هذه المعضلة تتضمن ساعتين متماثلتين احدهما تبقى على الارض والاخرى تذهب في رحلة في الفضاء بسرعة (v) وترجع بعد زمن (t) . اعتيادياً نعوض عن الساعتين الحقيقيتين بنتوأمين ذكرين A,B . هذا التعويض يمكن اعتماده ذلك لان الفعاليات الحيوية كضربات القلب ، التنفس ،

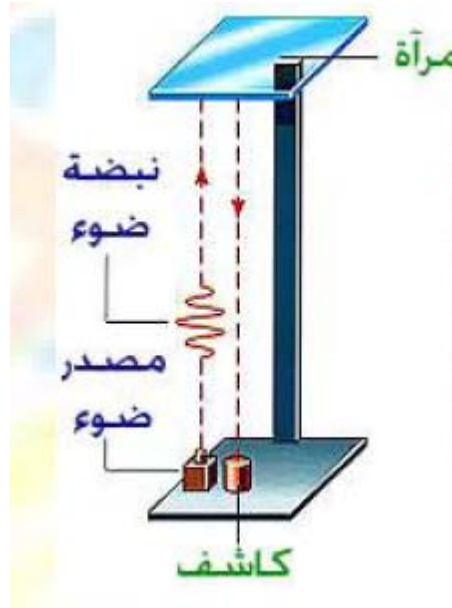
تكون ساعات بايولوجيه ذات توافق مقبول . التوأم A يقلع عند عمر عشرين سنة ليسافر بسرعة 0.99 في الفضاء . بالنسبة لـ (B) على الارض تبدو الفعاليات الحيوية لـ (A) انها تسير ببطء ، وفي الحقيقة ، حسب معادلة الزمن النسبي :

$$\sqrt{1 - V^2/c^2} = \sqrt{1 - (0.99c)^2/c^2} = 14 = 0.14 \%$$

من السرعة الفعاليات الحيوية لـ B نفسه . لكل شهيق يأخذه A ، يأخذه B مقابلها سبع شهقات كل وجبة طعام يأكلها A ، يأكل B مقابلها سبع وجبات . لكل فكره لـ A يقابلها سبع فكرات لـ B اخيراً بعد مضي سبعين سنة حسب تقدير التوأم B ، يرجع A الى الارض وعمره ثلاثون سنة ، في حين يكون عمر B تسعين سنة .

المعضلة هي اننا لو درسنا المسألة وفق وجهة نظر التوأم A في السفينه الفضائيه ، يكون على الارض في حركه بسرعه 0.99 c وعليه نتوقع عند رجوع السفينه الفضائيه الى الارض ان يكون عمر B ثلاثين سنة على حين يكون عمر A تسعين سنة - اي عكس الاستنتاج السابق حل هذه يستند على الحقيقه ان السفينه الفضائيه في رحلتها تكون في حالة تعجيل في فترات زمنيه مختلفه . عن الاقلاع ، عند الاستداره ، واخيراً عند رجوعها.

* نفترض أن الأب رائد فضاء بدأ رحلته بالصاروخ وعمره 40 سنة وكان ابنه مولودا عمره سنة واحدة ، ثم مر على الوالد في الصاروخ مدة أربعة سنوات حتى عودته إلى الأرض . قد تعادل الأربعة سنوات على الصاروخ السريع أربعين سنة على الأرض (تصل قيمة $\gamma = 10$ عندما تكون سرعة الأب 0.993 من سرعة الضوء) . فيصبح سن الأب عند عودته 44 سنة ويجد ابنه في سن 41 سنة . بل إذا زادت سرعة الصاروخ أكثر من ذلك فقد يعود الأب إلى الأرض في سن 44 سنة ويجد أبنه في سن 50 سنة !! والمهم هو استمرار طيران الأب بسرعة مقاربة من سرعة الضوء .



الساعة الضوئية تعتبر الأنسب لقياس الزمن لأنها لا تعتمد على الضوء وبالتالي فإن الزمن ال مقاس بواسطتها لن يتأثر سواء كانت الساعة الضوئية متحركة أو ثابتة (حيث ان سرعة الضوء ثابتة في كل محاور الإسناد).

الاثبات العملي لتمدد الزمن

* في عام 1971 قام العلماء بتجربة حول نسبية الزمان، فتم وضع أربع ساعات ذرية من السيزيوم على طائرات نفائة تقوم برحلات منتظمة حول العالم، في اتجاهات شرقية وغربية. وبمقارنة الأزمنة التي سجلتها

الساعات على الطائرات مع الزمن الذي سجل بمرصد البحرية الأمريكية، وجد أن الزمن المسجل على الطائرات أبطأ منها على الأرض بفارق ضئيل يتفق مع قوانين النسبية الخاصة.

* وفي عام 1976 وضعت ساعة هيدروجينية في صاروخ وصل إلى ارتفاع 10,000 كيلومتر عن سطح الأرض، حيث أصبحت الساعة على الصاروخ في مجال جاذبي أضعف منها على سطح الأرض (وهذه التجربة لها علاقة بالنظرية النسبية العامة التي تدرس العلاقة بين الزمن والجاذبية). وقورنت إشارات الساعة على الصاروخ بالساعات على الأرض، فوجد أن الساعة على الأرض أبطأ منها على الصاروخ بحوالي 4.5 جزء من عشرة آلاف مليون من الثانية، بما يتفق مع تنبؤات النسبية العامة بدقة عالية. والساعة الهيدروجينية الحديثة تعمل بدقة يعادل فيها الخطأ ثانية واحدة في كل ثلاثة ملايين سنة.

وهذه القياسات تثبت الظاهرة المعروفة بتمدد الزمن، والتي تعد أهم تنبؤات النظرية النسبية. فالتجربة الأولى تثبت أن الزمن (يتمدد) كلما ازدادت سرعة الجسم، أما التجربة الثانية فتثبت أن الزمن يتمدد إذا تعرض الجسم لمجال جاذبي قوي.

وتمدد الزمن ليس مفهوماً فيزيائياً نظرياً خاصاً بالأجسام الدقيقة دون الذرية، وإنما هو تمدد حقيقي في الزمن الذي يحيا فيها الإنسان. فلو زادت سرعة إنسان ما في سفينة فضاء مثلاً إلى حوالي 87 % من سرعة الضوء، فإن الزمن يبطؤ لديه بمعدل 50 % ولو سافر على السفينة لمدة عشرة أعوام - مثلاً - فسيجد ابنه المولود قد أصبح عمره عشرين عاماً، أو أن أخاه التوأم يكبره بعشرة أعوام.

اقترح أحد العلماء تصميم سفينة فضائية تعتمد على محرك دمج نووي يستخدم المادة المنتشرة في الفضاء كوقود، وأن يتم التسارع بمعدل يساوي عجلة الجاذبية الأرضية. وفي تصميم كهذا يمكن أن تصل سرعة السفينة إلى سرعة قريبة من سرعة الضوء خلال عام واحد، وبالتالي يبطؤ الزمن إلى حد كبير، وبالنظر إلى التطور المستمر للتكنولوجيا حالياً يصبح من المعقول تماماً افتراض إمكانية بناء مثل هذه السفينة الصاروخية في المستقبل.

ما معنى الإبطاء الزمني؟

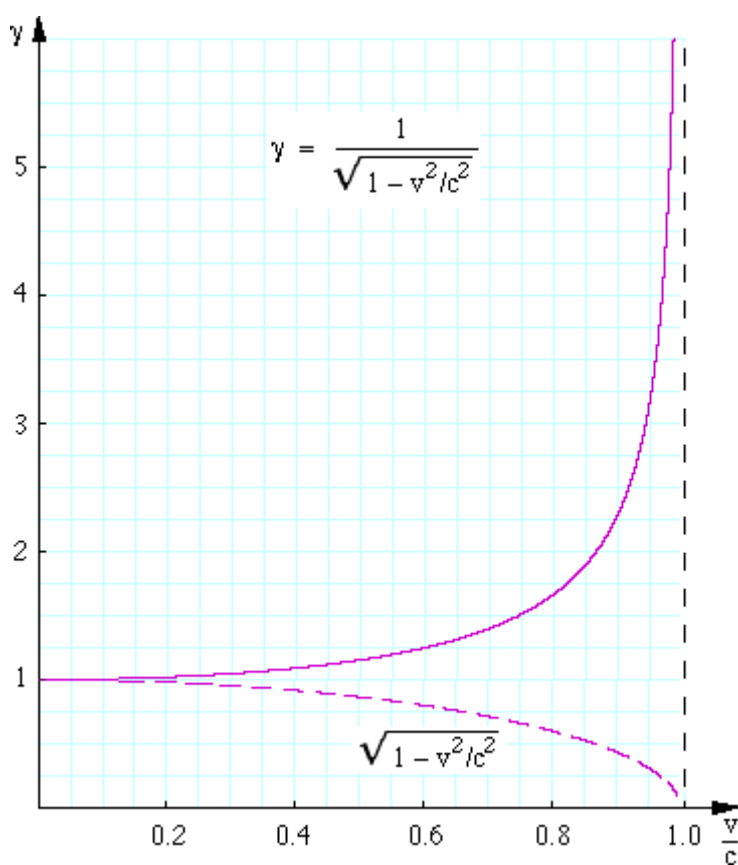
بينت النظرية النسبية الخاصة أن الإبطاء الزمني يتبع معامل لورينتز. ولنفرض أن أحمد قد ركب صاروخ يسير بسرعة v (بالنسبة للأرض) ومع ساعة، وترك أخاه على الأرض ومعه ساعة من نفس النوع. فعندما يقوم أحمد بقياس الزمن على ساعته ويمر عليه فترة t ويقوم أخاه هاشم بقياس نفس الفترة فيحصل على الفترة الزمنية t' ، نجد أن الفترتين مختلفتين، وبتزايد اختلافهما بتزايد اقتراب سرعة الصاروخ من سرعة الضوء (في حياتنا اليومية لا نلاحظ تلك الفروق حيث أن سرعة تحركاتنا بطيئة جدا بمقارنتها بسرعة الضوء التي تبلغ 300.000 كيلومتر في الثانية). والنسبة بين سريان الزمن على الصاروخ ومسيرته على الأرض تعتمد على معامل لورينتز كما تبين المعادلة أعلاه التي تعتمد على مربع النسبة v/c .

بحسب مربع النسبة v/c نجد أن ساعة أحمد تبين مرور 50 دقيقة عنده في الوقت الذي تسجل فيه ساعة أخيه على الأرض مرور 60 دقيقة.

فكلما اقتربت v من c كلما اقترب الكسر v/c من 1، وكلما اقترب الجزء $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ من الصفر.

بالتالي تزداد القيمة $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$. وقد تم التحقق من ذلك خلال تجارب كثيرة على طائرات و أقمار

صناعية على تلك الاختلافات التي يمكن حسابها بواسطة معامل لورينتز.



المقلوب	معامل لورنتز	السرعة
$1 / \gamma$	Γ	$\beta = v / c$
1.000	1.000	0.000
0.995	1.005	0.100
0.980	1.021	0.200
0.954	1.048	0.300
0.917	1.091	0.400
0.866	1.155	0.500
0.800	1.250	0.600
0.714	1.400	0.700
0.600	1.667	0.800
0.500	2.000	0.866
0.436	2.294	0.900
0.141	7.089	0.990
0.045	22.366	0.999

